

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2002-151782
(P2002-151782A)

(43) 公開日 平成14年5月24日 (2002.5.24)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テ-マ-ト* (参考)
H 0 1 S 5/022		H 0 1 S 5/022	2 H 0 3 7
G 0 2 B 6/122		G 0 2 B 6/42	2 H 0 4 7
6/42		H 0 1 L 31/12	H 5 F 0 7 3
H 0 1 L 31/12		G 0 2 B 6/12	B 5 F 0 8 9

審査請求 未請求 請求項の数17 O L (全 18 頁)

(21) 出願番号 特願2000-344843 (P2000-344843)

(22) 出願日 平成12年11月13日 (2000. 11. 13)

(71) 出願人 000002130
住友電気工業株式会社
大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号

(72) 発明者 山林 直之
大阪府大阪市此花区島屋一丁目1番3号住
友電気工業株式会社大阪製作所内

(72) 発明者 工原 美樹
大阪府大阪市此花区島屋一丁目1番3号住
友電気工業株式会社大阪製作所内

(74) 代理人 100079887
弁理士 川瀬 茂樹

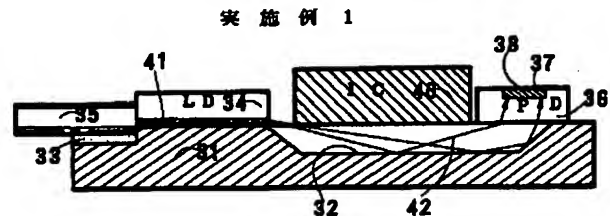
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 発光装置

(57) 【要約】

【課題】 高速伝送に適した光送信装置を提供すること。

【解決手段】 基板の上に、LD、IC、PDをこの順に設け、LDとICを短いパターン、ワイヤで結合し、LDの後方光がICを迂回してPDに到達するようにする。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 送信信号を発生する発光素子と、発光素子の駆動素子と、発光素子の後方光を検知する受光素子とがこの順に基板上に配置され、駆動素子と発光素子が電流経路によって接続され、発光素子の後方光が光ガイド構造によって駆動素子を迂回して受光素子に導かれるようにした事を特徴とする発光装置。

【請求項 2】 発光素子の後方光を迂回させる光ガイド構造が、駆動素子下方近傍の基板上に形成されたものであることを特徴とする請求項 1 に記載の発光装置。

【請求項 3】 光ガイド構造が、基板上の発光素子の端から受光素子までに形成された光ガイド溝よりなる事を特徴とする請求項 2 に記載の発光装置。

【請求項 4】 基板がセラミック製である事を特徴とする請求項 1～3 のいずれかに記載の発光装置。

【請求項 5】 基板が Si 基板であり、光ガイド溝がエッチングによって形成されている事を特徴とする請求項 3 に記載の発光装置。

【請求項 6】 光ガイド構造が、駆動素子下方近傍の基板上に形成された光導波路よりなることを特徴とする請求項 2 に記載の発光装置。

【請求項 7】 光ガイド構造が、ガラス基板若しくは Si 基板上に形成された導波路を有するサブマウントである事を特徴とする請求項 2 に記載の発光装置。

【請求項 8】 光ガイド構造が、基板と駆動素子との間に配置された空洞部を有するサブマウントであることを特徴とする請求項 2 に記載の発光装置。

【請求項 9】 光ガイド構造が、基板と駆動素子との間に配置された透光性のサブマウントであることを特徴とする請求項 2 に記載の発光装置。

【請求項 10】 光ガイド構造が、駆動素子自身の基板の裏面に形成された空洞部である事を特徴とする請求項 2 に記載の発光装置。

【請求項 11】 光ガイド構造が、光ファイバによって形成されている事を特徴とする請求項 2 に記載の発光装置。

【請求項 12】 光の通路となる光ガイド構造及びその周辺が透光性の樹脂によって覆われている事を特徴とする請求項 1～11 の何れかに記載の発光装置。

【請求項 13】 発光素子が半導体レーザであり、検出素子がフォトダイオードである事を特徴とする請求項 1～12 の何れかに記載の発光装置。

【請求項 14】 半導体レーザが GaAs 系若しくは InP 系もしくはこれらの複合材料からなり、フォトダイオードが Si あるいは Ge 若しくは GaAs 系若しくは InP 系又はこれらの複合材料からなることを特徴とする請求項 13 に記載の発光装置。

【請求項 15】 駆動素子が Si 若しくは GaAs 若しくは InP 系の IC であり、フォトダイオードでの検出電流をモニタしながら半導体レーザの駆動電流を制御す

る事を特徴とする請求項 1～14 の何れかに記載の発光装置。

【請求項 16】 駆動素子または検出素子或いは駆動素子と検出素子の両方が発光素子後方光の軸線方向に対して傾斜して配置されていることを特徴とする請求項 1～15 の何れかに記載の発光装置。

【請求項 17】 受光素子が端面入射型 PD あるいは裏面入射型 PD であることを特徴とする請求項 1～16 の何れかに記載の発光装置。

10 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光通信の機器に関する。特にその中でも光ファイバを用いた光通信の光源として必ず用いられる発光装置に関するものである。より具体的には、半導体レーザを用いた発光装置（光送信器）に関するものである。

【0002】

【従来の技術】光通信用発光装置として現在最もよく使われているのは図 34 に示すような同軸型の半導体レーザ（以下 LD と略す）モジュールである。円盤形状のステム 80 にボール 84 を立て、ボール 84 の側面に LD 85 を固着する。光は上下方向に出る。LD 直下のステム面にはモニタ用受光素子（以下受光素子を PD と略す）86 を取り付け。LD 85 や PD 86 を覆うようにキャップ 83 をステムに固定する。さらにレンズ 87 を保持する円筒形のレンズホルダー 81 をステムに取り付ける。レンズホルダー 81 の上に円錐形フェルルホルダー 82 を設ける。これは光ファイバ 88 を把持したフェルル 89 を保持するようになっている。LD 85 の直上にはレンズ 87、光ファイバ 88 が一直線上に並ぶようになっている。駆動素子（IC）91 を取り付け、駆動回路基板 92 のパターンにリードピン 90 を半田付けし、IC 91 の電極とパターンをワイヤ 93 で接続する。

【0003】ステム 80、レンズホルダー 81、フェルルホルダー 82 が金属製でパッケージを構成する。光の進行方向がパッケージの軸線に平行である。モニタ PD、LD、レンズ、光ファイバがステム中心線上に並ぶ。ステム中心線に関して対称性のよい構造となっている。金属パッケージによって覆うからノイズに強いし水分や酸素などの侵入を防ぐことができる。信頼性が高く、寿命は長く、優れた LD モジュールである。

【0004】半導体レーザから発せられた上方（前方）への光はレンズを介して光ファイバに集光し、送信される。一方下方（後方）へ発せられた光はモニタ用受光素子によって電気信号に変換される。これは、温度環境が変わっても、常に前方に一定した出力が出るようにフィードバック回路によって LD の駆動電流を制御するために使われる。

50 【0005】このモニタ PD は、光通信用の発光装置に

は必須である。だから発光素子モジュールといってもLDとPDを組み合わせたものである。金属製のパッケージは下にピンがあり、上頂部に光ファイバが出ているような構造である。三次元的構造である。光はステム面に垂直である。光はLD、レンズ、光ファイバと離散的に設けられた素子と空間を伝搬する。空間伝搬によって光が広がるからレンズが必要である。レンズ、光ファイバの間で光が最も効率よく光ファイバに入るように調芯が必要である。光ファイバ光量を測定しながら、レンズホルダー、フェルールホルダー、フェルールなどをxyz

【0006】実際には、発光装置の基板(ボード)上に、このLDとSi-ICなどの駆動回路を実装して、送信器として機能させる。駆動回路はLDに信号電流を流してLD信号光を制御するものである。つまり駆動回路とLDモジュールは別個のものとして作られプリント基板に実装され回路パターンによって接続される。これが現在最も広く利用されている実績ある光送信モジュールである。

【0007】先述の金属パッケージ収容三次元構造LDとSi-ICなどを別にあつらえたボード上に実装する従来の光送信モジュールには次のような欠点がある。別個の部品をプリント基板に実装するから、形状が大きくなりすぎる。部品が多くて、コストが掛かる。小型化に限界がある。このような様々な問題点がある。それよりもさらに小型化、低コスト化しなければならない。光通信の一層の普及には小型・低コストが不可欠である。

【0008】小型化を推進するという観点から表面実装型の光モジュールというのが提案されている。これも様々な形態のものが提案されている。長所もあるが、それぞれに難点もあり、これといったものがないといった現状である。

【0009】ドイツ特許DE 43 13 492 C1 "Anordnung zur Ankopplung eines optoelektronischen Empfangselementes an ein optoelektronisches Sendeelement" はSi基板の上に軸線上に離隔して開口溝と閉鎖溝を彫り、溝の間の凸部にLDをのせ、一方の閉鎖溝の上にかぶるようにモニタPDを設け、他方の開口溝にはレンズを付けレンズには光ファイバを結合したものである。LDから出た前方光はレンズ、光ファイバを通り外部へと出てゆく。後方光は閉鎖溝によって反射されてPDに裏面から入って感受される。光進行方向と基板面は平行である。二次元的な構成を持つ。パッケージ構造が単純化される。さらに調芯が不要だという利点がある。二次元構造で小型化もできる。LDの後方光の半分近くの光をPDによって感受できる。これはLD駆動回路についての言及がない。

【0010】特開平9-312407号「モニタダイオードとレーザダイオードの光学的結合装置」は、平

面基板の上に、開放溝と閉鎖溝を一直線上に切り込み、溝と溝の間の凸部にLDをエビダウンにして載せる。開放溝には光ファイバを挿入する。閉鎖溝の上にはモニタPDを載せる。閉鎖溝のLD側に球レンズを載せる。LDの後方光を球レンズによって集光し閉鎖溝によって反射して手裏面入射型PDに導く。これも光の方向は基板面に平行である。LDとPDを溝によってつなぎ溝によって光を一旦反射してPDに導くのも前例と同様である。レンズによって集光している点に新たな工夫が見られる。

【0011】中川剛二、佐々木誠美、山本直樹、三浦和則、矢野光博「Siプラットフォームを用いたモニタPD付きLDモジュール(Passive-aligned LD Module with Monitor-PD on a Silicon Platform)」1996年電子情報通信学会総大会、SC-2-6、p441(1996)は、楔型のブロックに裏面入射型PDをのせLD後方光をブロックの斜面によって反射させてPDに入射するようにした表面実装型のLDモジュールを提案している。表面実装型なのでSi基板を用いてファイバ、LD、PDを結合させている。LDの上に一部が覆いかぶさるように裏面入射型PDが設けられる。パッケージの寸法は12mm×12mm×4mmである。内部に駆動素子はない。駆動信号はリードピンを経て外部から取るようにしている。

【0012】山本毅、山本直樹、佐々木誠美、乗松正明、田中一弘、小林正宏、三浦和則、矢野光博「PLC平面実装による高均一光出力モニタ特性(Highly uniform optical power monitor characteristics using surface mounting technology onto PLC platform)」1997年電子情報通信学会エレクトロニクスソサイエティ大会、C-3-97、p206(1997)は、LDの後方に面取り側面入射型PDを設け、LDの後方光(モニタ光)をPDの側面から入射させるようにした送受信モジュールを提案している。LD後方光は真っ直ぐ軸線上を伝搬しPDの斜め側面に入り、屈折され受光部にいたる。面取り側面入射型PDを利用するから、LDの後方にV溝を掘る必要がない。またLD後方光の大部分をPD側面に入れるようにできる。これはLD駆動素子が内蔵されていない。駆動素子はモジュールの外部にある。リードピンを通してLD駆動電流がLDに供給される。

【0013】Gohji Nakagawa, Seimi Sasaki, Naoki Yamamoto, Kazuhiro Tanaka, Kazunori Miura and Mitsuhiko Yano, "High Power and High Sensitivity PLC Module Using A Novel Corner-illuminated PIN Photo diode", 1997 Electronic Components and Technology Conference, p607(1997)は面取り入射型PDをモニタPDに使って構造を単純化している。LDをエビダウンにSi基板に固定して、その後方に側面を面取りしたPDを設けている。に説明したものと同じものである。

基板の上に光ファイバの端、LD、面取りPDを直線上に並べている。LDの後方光は直接にPDの傾斜側面に当たり上方へ屈折されて受光部にいたる。基板の上にあるのは、光ファイバ端、LD、PDだけである。LDを駆動する素子はその存在しない。駆動信号はリードピンを通して外部から与えられる。

【0014】 特願2000-12857号「発光装置」(未公開)は、Si基板に開放、閉鎖の二種類のV溝を切り、間にLDを設けLDの前方の開放V溝に光ファイバを固定し、後方の閉鎖V溝の上にモニタPDを載せる構造を提案している。モニタPDをLDの発光層よりも上方へ持ち上げるようにしてPDへの入射光量を増大させている。これもLDの駆動装置に対する言及はない。図面にLD駆動装置は図示されていない。外部からLD駆動電流が与えられる。

【0015】 Y. Akahori, T. Ohyama, M. Yanagisawa, Y. Yamada, H. Tsunetsugu, Y. Akatsu, M. Togashi, S. Min o and Y. Shibata, "A HYBRID HIGH-SPEED SILICA-BASED PLANAR LIGHTWAVE CIRCUIT PLATFORM INTEGRATING A LASER DIODE AND A DRIVER IC", ECOC 97, 22-25 September 1997, Conference Publication No. 448, IEE, 1997, p359-362のFigure 1 (図35に示す)はSiベンチ95の上にLDとドライバICを搭載した例であるが、これはLDアレイ96を1個のIC97でドライブし、数mから数十mの短距離を伝送する目的のものである。9Gbpsの伝送を確保するために、ドライバIC97をLD96の後ろに置いている。その代わりにモニタPDを置くことができず、温度変動に対して不安定な動作となる。勢い、空調のかかったような温度的に安定した環境でしか使えない。しかし、もともとパラレル伝送は、近接して存在する(少なくとも同じフロア程度)コンピュータや周辺機器の間を結ぶもので、モニタPDがなくても何とかなるものと思われる。

【0016】 この例から分かることは、高速動作をさせるにはLDとICを近接させることは必須であるということである。しかし、モニタPDは配置できない、というジレンマがある。そこで、あらゆる環境下で、高速動作が可能な送信モジュールを実現するには、LDとICを近接させること、しかも、LD光のモニタができること、という困難な課題が存在する。

【0017】 以上数多くの表面実装型の発光モジュール(送信モジュール; LDモジュール)について従来技術を述べた。いずれもLDの直後にできるだけ接近してモニタPDを設けている。接近させるのはLDの後方光をできるだけ沢山PDに受光させるためである。レンズによってLD光を集光させてPDに入れるものもあった。

【0018】 一方、LDの駆動電力(電流)は外部の駆動用LSI(IC)からリードピンを通して供給される。これが従来の送信モジュールであった。本発明はこれらの従来例では問題にされていなかったことを問題に

する。それは何か? LDの駆動素子である。従来のものは全てLD駆動装置はモジュールの外部にあった。光送信モジュールの内部にLD駆動素子を内蔵するものはかつてなかった。これは例外がないと言えよう。それはどうしてか? このように考えられるかもしれない。

【0019】 LDの駆動電流はかなり大きい電流でありLD入力インピーダンスは低い。だからノイズの影響を受けない。それで送信モジュールの場合は外部に出しておいた方がよい、と考えられたものであろう。だから駆動信号電流は外部からリードピンを介してモジュール内へ導きLDに与えるようにする。

【0020】 だから同一のモジュール内にLD駆動素子を内蔵した従来例は存在しない。しかし、もしもLD駆動素子も同一のモジュール内に実装したとすれば、ということ仮想的に考えよう。そして、それについてさらに問題を指摘する。であるから次に述べるのは従来例でなくて、仮想例である。そのようなものは実在しない。比較の便宜のために仮想例という架空の例を想定したのである。

【0021】 だから本発明は、従来例に対して1段のステップを持つのでなく、2段の進歩性を持つものである。次に述べる仮想例は従来例よりも優れている。しかし、すぐにその問題点を指摘できる。それで本発明は次の仮想例より格段に優れたものとして提案されるものである。従来技術より2段階進んでいるので従来技術との関係が分かりにくい。仮想技術を間においてみると本発明が問題とすることがよく分かる。いきなり従来例と比較しても理解しにくい。以上に述べた公知になった実施例と比較するために、今までの技術で少しでもLDとICを近づけようとするとうどうなるか、それを以下の仮想例に示す。

【0022】 [仮想例1 (裏面入射型PD; 図1、図2)] 仮想例1の縦断面図を図1に、平面図を図2によって示す。これは駆動素子を同一のモジュール内に収容したという仮想素子である。長方形Siベンチ(Si基板)1に、閉鎖V溝2と開放溝3を中心軸線上に形成する。その中間の平坦部にLD4をエピダウンで取り付ける。エピダウンというのはエピ層を下にしているということである。発光素子だから発光部を下にして取り付けるのである。LDの直前の開放溝3には光ファイバ5を実装する。溝の深さは、光ファイバ5のコアがLDの発光部11と同一高さになるように決める。

【0023】 LD4の後方のV溝2の終端付近で溝を跨ぐようにモニタPD6を取り付ける。裏面入射型PDでありエピアップで取り付ける。PDの上方にpn接合を含む受光部7がある。その上にp電極8が設けられる。Si基板1に搭載されている素子はこれだけである。この仮想例ではSi基板1の全体をさらにリードフレーム9に載せている。

【0024】 一般にリードフレームは金属板を打ち抜い

て枠と多数のリードピンと中央板からなるように造形したものである。中央板の部分にSi基板などを載せ、リードピンと素子の電極をワイヤによって接続し、全体を樹脂によって覆い完成した素子とする。この仮想例ではリードフレーム9の上にLD駆動用の駆動素子10をSi基板1と同等の資格で搭載している。

【0025】図2の平面図に見るように、Si基板1、PD6、LD4、駆動素子10は電極パターンや配線パターンを有する。PD6の上面には既に述べたp電極8がある。LD4には底面の電極(n電極又はp電極)12が設けられる。LD4をエピソードで取り付けているので、図2では底面の電極12が上面に現れている。LDはn型基板の上にpn接合をのせエピソードはp電極とする事が多い。もちろん反対の極性にすることもできる。本発明はどちらの場合にも同様に適用できる。以後の説明においても上下の電極のいずれがp電極、n電極かということ限定しない。

【0026】駆動素子10にも幾つかの電極パッド13~18が設けられる。その数は任意である。駆動素子(IC)10からLD4に送信信号に応じたパルス電流を流すので、そのために2つの電極が必要である。モニタPDの信号によって電力を加減する必要があるからPDの出力を得るための電極も必要である。1電源の素子であれば外部回路につながるグランド端子と電源電圧が要る。外部から送信信号を取るための電極も必要である。だから最低でも6の電極が駆動素子に必要とされる。しかし、より多くの電極を持つものとしても差し支えない。

【0027】Si基板1には配線パターン19、20がメタライズによって形成される。ワイヤ21がLD4の電極12と配線パターン19を接続する。ワイヤ22が配線パターン20と駆動素子10の電極13を接続している。ワイヤ23がPD6の電極8を駆動素子10の電極14に接続する。ワイヤ24が配線パターン19と駆動素子10の電極15をつなぐ。外部の電源、信号源につながる電極16、17、18はワイヤ25、26、27によってリードフレーム9の適当なリードピンに接続される。図2の状態から、さらにV溝2、光ファイバ端、PDの部分透光性樹脂によって覆う。

【0028】さらに全体をエポキシ樹脂などによってモールドする。光ファイバ5が端面に突き出たような送信モジュールとなる。LD4の前方光は光ファイバに入って送信光となる。後方光はV溝2の端面によって反射されて裏面からPD6に入り受光部7にいたる。裏面入射型のPDを用いるからV溝が必要になる。これは単純化された配線を例示しており実際にはPDの底面電極(n電極)に対して独自の配線が必要なこともある。

【0029】完成したものはプラスチックモールドした送信モジュールとなるが、これはLD、PD、LD駆動素子を内蔵するものである。たびたび述べるように、こ

のような素子が従来技術として実在するのではない。駆動素子もモジュールに入れたとすれば、たとえばこの様になるというようなものである。

【0030】[仮想例2(裏面入射型PD;基板を延長;図3、図4)]仮想例2の縦断面図を図3に、平面図を図4によって示す。これも駆動素子を同一のモジュール内に収容したという仮想素子である。仮想例1と違うのは大きいSi基板(Siベンチ)29を使って、駆動素子10もSi基板29の上に搭載したことである。駆動素子(Si-IC)10がPD6と同じ高さに設けられる。駆動素子10からの駆動電流は、ワイヤ24、22、パターン19、20を通じてLD4に供給される。外部からの信号はワイヤ25~27やリードピンを通じて内部へ導入される。その他の点は仮想例1と同じである。だから詳しい説明を省略する。

【0031】この状態の後、Siベンチ29はリードフレーム(図示しない)に載せてリードピンと素子、Si基板の電極、配線とワイヤボンディングし、エポキシ樹脂によって固める。駆動素子10とPD6とのワイヤボンディングにおいて段差が小さくなるという利点がある。Si基板に駆動素子も載せるからまとまりがよいという利点があるが、反面、他のワイヤボンディングに段差が生じる、大きいSi基板が要るなど、仮想例1よりも必ずしも優れていない。

【0032】

【発明が解決しようとする課題】光送信モジュールについて、このように小型化、低コスト化が検討されてきている。従来の送信用モジュールはLDとモニタPDの結合には細心の注意を払っている。しかし、全ての従来例においてLD駆動素子は全部モジュールの外部にある。小型化・低コスト化だけであればLD駆動素子がモジュールの外部にあっても内部にあっても対して変わらない。

【0033】仮想例1、2のように駆動素子をモジュール内部に入れたと仮定してもモジュールの体積が増えるので全体として小型化にはつながらない。

【0034】本発明が問題にするのはそれだけではない。さらに重大なのは要求される伝送速度の飛躍的な向上ということである。

【0035】光送受信システムは小型化、低コスト化に加え、最近になってさらに伝送速度を上げる方向に進んでいる。これが光送信モジュールに対し新たな要求を突きつける。例えば従来156Mbpsや622Mbpsが主流であったが、1.25Gbpsや2.5Gbps、さらには5Gbps、10Gbpsと必要とされる伝送速度が高速化してゆく見込みである。

【0036】伝送速度が速いということは受信系でも問題になる。しかし送信系でも別の問題を引き起こす。LD駆動電流は大きくLDの入力インピーダンスは低いので従来の156Mbps、622MbpsではLDと駆

動素子の結合には問題がなかった。しかし1 Gbpsを越えると駆動素子とLDの結合も問題になってくる。インピーダンスが低いといっても誘導性の自己インダクタンス L は ωL でインピーダンスに影響するから、高速化すると L の影響が無視できなくなる。

【0037】従来例のように外部に駆動素子を取り付け、駆動素子とLDの間を駆動素子リードピン、プリント基板の配線、モジュールリードピン、モジュール内ワイヤ、配線によって接続したものは L 成分が大きくなり伝送速度を高くしようとするインピーダンスが急増してしまう。

【0038】それを解消するために前節で説明した仮想例1、仮想例2というものが想到されよう。これはモジュールの内部に駆動素子を設けたものである。外部にある場合に比べて駆動素子・LD間の配線が短くなるという利点がある。

【0039】どれだけ短くなるのか？駆動素子(IC)のリードピン、プリント基板配線、モジュールリードピン、モジュール内ワイヤの分だけ短縮される。それだけでも著しい改善である。 L 成分は配線の長さに比例する。 L 成分を減らすには配線長を短くするのが有効である。

【0040】しかし本発明者は図1～図4の仮想例でもなお不十分であるということに気付いている。それはなぜか？仮想例1の駆動素子とLDの関連を見ると、電極15-ワイヤ24-配線パターン19-ワイヤ21-LD4-配線パターン20-ワイヤ22-電極13というようにかなり長い。

【0041】従来例に比較すれば格段に短縮されているのであるが、本発明者の目にはなお長いと思われる。そのような視点はこれまで誰も述べなかったので理解しにくい点もあろう。さりながら、将来を見つめた5 Gbps、10 Gbpsという伝送速度にとっては、図1～図4のLD・駆動素子間でもなお長すぎるのである。

【0042】図1～図4の構成において、ICとLDの間の間隔が問題となる。IC・LD間の距離が長いとそれらを結合するワイヤ(Au線、Al線)のインダクタンスやメタライズ配線の静電容量(寄生容量)が問題になる。具体的には、波形の立ち上がりにジッタが出る、リングングが出るなどの問題を生ずる。伝送速度が5 Gbps以上の場合、LDチップとICチップの距離をできるだけ短くしたい。できれば隣り合わせに配置するのが望ましい。

【0043】しかしそれはできない。どうしてか？それはモニタPDが存在するからである。LDの後方光はモニタPDによって監視されなければならない。後方光の大部分を感受するためにはLDのすぐ後にPDを設けなければならない。それは当業者の常識といってよい。どうしても、LD・PDと並ばなければならない。LDとIC間にPDが介入するからLD・IC間が長くなる。

これがLDと駆動装置の距離を短くできない原因である。

【0044】LD駆動ICをLDに接近させたい。どうすればよいのか？、ICをLDの横に配置するということも考えられよう。しかし、そうするとICの分だけSiベンチの横幅が大きくなりすぎる。このためにコストアップになるし、小型のメリットを打ち消してしまう。

【0045】

【課題を解決するための手段】本発明者は、LD、IC、モニタPDの配置について種々考察した。どう考えたのか？モニタPDは従来必ずLDのすぐ後ろにあった。LDの後方光を受光するためである。しかしモニタPDはLDのすぐ後ろにある必要はないのではないか？LDの後方光を受光できればよいので近接していなくてもそれは可能である。

【0046】そこで本発明は、LDの直近にICを、離れてモニタPDを設けLD後方光が迂回してモニタPDに入射するようにした。このようにモニタ光を迂回させモニタPDに入れるというような構造はこれまでになかった。前人未到の境地である。LDの直近にICを設けることによって駆動用電流が流れる経路を短縮することができる。経路はワイヤやメタライズパターンであるが、短縮されると L 成分も比例して減少するから信号の遅れ、歪なども生じにくくなり、高速伝送速度の光通信系に好適のものとなる。発光素子LDに駆動用ICを近接させるのが第1の目的であるが、そのためにモニタPDがLDから離れてしまう。離れてしまったPDにLDからの光を導くために、LDの後方光を迂回させてPDに入れるようにする。

【0047】

【発明の実施の形態】本発明のキーポイントは、基板の上にLD、IC、PDという順に素子を並べ、LDからのモニタ光をICを迂回させてPDに導くという点にある。以下にモニタ光を迂回させるための光ガイド構造のいくつかの例を述べる。ここに示す図は模式的なものであり、配線やメタライズパターン、個々の部品の配置に関しては任意に変更することができる。

光ガイド構造…光ガイド溝、空洞付きサブマウント、透明サブマウント、導波路付き透明サブマウント、IC下面中央に設けた空洞

モニタPD…裏面入射型PD、端面入射型PD

【0048】

【実施例】裏面入射型PDの場合についての実施例を初めに述べる。

【実施例1(裏面入射型PD；光ガイド溝；図5、図6)】図5、図6に裏面入射型PDを使用した実施例1を示す。光ファイバ側から、発光素子LD、駆動素子IC、モニタPDがこの順に一直線に並ぶ配置を有する。この順序はどの実施例でも共通である。矩形平板状のSiベンチ31の上に縦中心線上に両方が終端した光ガイ

ド溝32と一方が開放した開放溝33を穿つ。開放溝33に光ファイバ35の前端を置く。

【0049】光ファイバ35に近接した中心軸線上にLD34をエピダウンで取り付ける。LD34のすぐ後ろにV溝32の前端が位置する。光ガイド溝32のすぐ上、LD34の直後にLD駆動素子40が固定される。このようにLD34の直後に駆動素子(IC)を設けることが本発明の特徴である。光ガイド溝32の後端部近くにモニタ用PD36が固定される。これは裏面入射用のPDなので光ガイド溝32の上にエピアップで固定される。エピアップというのはPD36の受光部37が上面を向くようにということである。受光部37の上にはp電極38が形成されている。

【0050】軸線上の配置を見れば、LD+IC+PDと並んでいる。図6の平面図によって配線の例を示す。Si基板には例えばメタライズ配線パターン43が印刷される。LD34は発光部41を下にしてSiベンチ31に取り付けられる。発光部41の下の電極(例えばp電極)はSiベンチ31の配線パターン43に半田付けされる。

【0051】LD34の上面には電極44が形成される。駆動用IC40の上面にも例えば電極パッド45~50が形成されている。後ろの裏面入射型PD36のp電極38と駆動素子40の電極49がワイヤ53によって接続される。駆動素子40の電極46がワイヤ51によってLDの電極44に接続される。駆動素子40の電極47がワイヤ52によって配線パターン43に繋がれている。駆動素子(IC)の電流によってLD34がパルス駆動される。発光部41で光が軸方向に発生する。その光が送信信号を担っている。送信光の一部(前方光)はLD前端から出て光ファイバ35に入る。これは送信光として長い光ファイバを伝搬して他方の極へと伝送される。送信光の残りはLD後端から出て光ガイド溝32に当たり反射されてPD36の裏面に至る。裏面からPDに入射し屈折して受光部37にいたる。このように光ガイド溝32が、後進光42を迂回させてPD36に導くようにしたところが本発明の工夫の妙の存するところである。

【0052】駆動素子40からLDに電流を流す経路はワイヤ51、電極44、配線パターン43、ワイヤ52などである。これらの経路の全長は図2、図4の仮想例に比較してかなり短くなっている。つまり配線経路のL成分が低減しているということである。高周波に対するインピーダンス ωL が小さくなるので信号歪みが少なくなる。だから、より高い伝送速度の信号を扱う事ができるようになる。

【0053】より具体的に素子のサイズの範囲を説明する。LDチップ34は例えば長さが $300\mu\text{m}\sim 800\mu\text{m}$ 、幅 $200\mu\text{m}\sim 500\mu\text{m}$ である。LD駆動用IC40は一辺 $800\mu\text{m}\sim 1500\mu\text{m}$ の正形状であ

る。モニタPD36は一辺 $400\mu\text{m}\sim 600\mu\text{m}$ の角型チップである。

【0054】一方モニタPD36に光を導くためSi基板31にエッチングで形成した光ガイド溝32の幅は $150\mu\text{m}\sim 300\mu\text{m}$ である。深さは $150\mu\text{m}\sim 300\mu\text{m}$ である。断面が三角形状の溝となっている。これは断面が台形の溝とすることもできる。

【0055】この光ガイド溝32の表面はLD34後端面から下向けに出た光を反射するようにAuメッキされる。光ガイド溝32の全長は $500\mu\text{m}\sim 1000\mu\text{m}$ 程度である。光ガイド溝32となっているので、少々長くなっても、光は充分にモニタPD36に達する。

【0056】特に都合の良い事に、LDパワーをモニタするのが目的であるから、LD後方に出る全ての光をモニタPD36に導く必要がない。後方光の10%もモニタPDに入れば充分である。

【0057】また図5、図6の実施例1では、裏面入射型PDを用いているので、受光面が直径 $200\mu\text{m}\sim 400\mu\text{m}$ と広い。受光面がこのように広いことも本発明には有利に働く。光ガイド溝32によって反射された光の大部分が広いPD受光部37に至るようにできるからである。

【0058】[実施例1の改良型(傾斜IC、PD;図7)] ICやPDからの反射戻り光がLDの発光部に真っ直ぐに戻るとLDの動作が不安定になる。反射戻り光によるLDの動作不安定性というのはよく知られた現象である。反射戻り光による不安定性を避けるための第1実施例の改良型を図7に示す。これはICやPDを軸線に対して数度~10度ほど傾けたものである。図8以後の図面(実施例2~実施例12)では図面が煩雑になるから描いていないが、反射戻り光の影響を断つため実用時にはこの構成(IC、PDを傾ける)をとるようにするのがよい。

【0059】実施例1の送信モジュールのより具体的な寸法の例は、

LD... $300\mu\text{m}\times 300\mu\text{m}$ の1.3 μm -DFB-LDチップ

IC... $1000\mu\text{m}\times 1000\mu\text{m}$ のSiドライブIC
PD... $550\mu\text{m}\times 550\mu\text{m}$ の裏面入射型InGaAsモニタPD(受光面直径 $300\mu\text{m}$)

光ガイド溝...幅 $250\mu\text{m}$ 、深さ $180\mu\text{m}$ 、長さ $1600\mu\text{m}$

Siベンチ...幅1.5mm、長さ5mm、厚み1mmであった。

【0060】本発明の効果を調べるために、仮想例2(図3、4)のサンプルAと実施例1(図5、6、7)のサンプルBを実際に作製して性能を比較した。サンプルA、BともにLD、PD、IC、Siベンチ寸法は共通である。光ガイド溝の幅、深さも同一である。ただし実施例1の方が光ガイド溝32の長さが長い。

【0061】サンプルA（仮想例2）…LD+PD+IC；光ガイド溝長=750 μ m

【0062】サンプルB（実施例1）…LD+IC+PD；光ガイド溝長=1600 μ m

【0063】光ガイド溝32とその周辺は屈折率が1.42のシリコン系透明樹脂によってポッティングした。サンプルBにおいて、ICとPDは図7のように光軸に対して10度傾斜させて配置した。サンプルAにおいても、PDとICは光軸にたいして10度傾けて取り付けた。ただしサンプルA、Bでは、PDとICの順序が反対になる。

【0064】LDからSMF（シングルモードファイバ）からの光出力が1mWとした時、試料A（仮想例2）ではモニタ電流（モニタPD36の電流）が300 μ Aであった。試料B（実施例1）ではモニタ電流は150 μ Aであった。

【0065】本発明の実施例ではPDがLDから離れるしLDの後方光は迂回するのでモニタPDに入る光量は弱くなる。この例では約半分に減少している。しかし、それを補って余りある効果がある。

【0066】実際の送信信号の伝送可能速度を調べた。伝送可能速度は

サンプルA（仮想例1）…2.5Gbps

サンプルB（実施例1）…5Gbps～10Gbpsであった。

【0067】実際には仮想例というものは存在しないが、それは従来例よりも優れたものである。本発明はその仮想例よりも一段と伝送速度に秀出している。

【0068】図6（実施例1）と図4（仮想例2）を比較して分かるように、ICとPDの配置を変えることによって、LDにもモニタPDにもワイヤを最短距離で張ることができる。また本発明の場合、中継のメタライズパターン19、20（図2、図4）がないので非常に高速応答が可能となる。ここで駆動素子はSi-ICのみならず、駆動速度によってGaAsやInP系のICも用いることができる。また、同様に発光素子もInP系の他にGaAs系、もしくはこれらの複合材料でもよく、受光素子はInP系以外にGaAs系もしくはこれらの複合材料でもよく、Si系やGe系でもよい。

【0069】〔実施例2（裏面入射型PD；光ガイド溝；空洞付きサブマウント；図8、図9）〕図5、図6の実施例1では、LD34の発光部41から出たやや下方向の光はIC（駆動素子）40の角で遮蔽されてPD36に入らずモニタ電流に寄与しない。モニタ電流は多い方が好ましい。実施例2はIC40の下にトンネル状の凹部を有するサブマウント（アルミナ、銅、真鍮など）を配置する事によって、モニタ光の損失を減らすものである。これによって数10%程度モニタ電流を増大させることができる。

【0070】図8は実施例2の断面図、図9は平面図で

ある。Si基板31の上面中心軸線上に開放溝33、光ガイド溝32を離れて穿ち、開放溝33に光ファイバ35を挿入固定する。隆起部にはLD34を発光部41が下になるように実装する。光ガイド溝32の上に空洞付きサブマウント55を空洞56が下に来るように固定する。空洞56の幅は丁度光ガイド溝32の幅に重なる程度にする。空洞付きサブマウントはセラミック、金属、プラスチックなど任意である。たとえばアルミナ、銅、真鍮などで凹部付きサブマウントを作製できる。サブマウントの上にLD駆動用のIC40を固定する。光ガイド溝32の終端部に裏面入射型モニタPD36を固定する。

【0071】LD駆動用のIC40はLD34の直近にある。IC40の電極46とLD34の電極44は短いワイヤ51によって接続される。LD34の下面の電極はSi基板31のメタライズ配線パターン43に直接に接続される。配線パターン43とIC40のパッド47は短いワイヤ52で接続される。LDとICを繋ぐものはワイヤ51、52、配線パターン43の一部である。

IC40をLD34に接近させているから、メタライズ配線と、ワイヤの誘導を減らすことができる。

【0072】配線のためのワイヤは例えば、30 μ mφの金（Au）線或いはAl線である。これは1mm長さあたり、大体1nHの誘導を持つ。往復で2mm短縮できれば2nHの誘導を減らすことができる。光ファイバ、LD、IC、PD、光ガイド溝などは透光性の樹脂によって覆われる。実施例1と同様、例えば屈折率が1.42のシリコン系樹脂を用いることができる。透明樹脂ポッティングは、透明の光路を確保し界面での反射を減少させるために必要である。以後はことさらに述べないが、いずれも透光性樹脂で、光ファイバ、LD、IC、光ガイド溝、PDなどを被覆している。

【0073】サブマウント55は下面中央部に空洞56を持つように加工されている。LD34の後方光42は光ガイド溝32によって反射されモニタPD36に入る。空洞56はLD34の発光部41より上にあるからLD34の後方光のより多くの部分が裏面入射型モニタPD36に入射する。これによってモニタ電流を増大させることができるのである。先述のように、このサブマウントでIC40を持ち上げることによって、実施例1よりも約10%モニタ電流を増やす事ができた。

【0074】〔実施例3（裏面入射型PD；光ガイド溝；空洞付きサブマウントを延長；図10、11）〕実施例2はサブマウントの上にICだけを載せている。サブマウントをより長くして、その上にモニタPDをも載せるようにしてもよい。図10、11によってそのような実施例3を説明する。

【0075】実施例2と同様に空洞付きサブマウントを用いる。しかし実施例2より長い空洞付きサブマウント57である。サブマウント57は下面中央軸線にそって

58前空洞58、後空洞60が穿たれる。その間には上下方向に完全に開いた開口部59がある。開口部59はPDへ光を導くために必要である。これもセラミック、プラスチック、金属などによって作製できる。

【0076】サブマウント57の上に駆動用IC40、モニタPD36の順に取り付ける。LD34から出た前方光は光ファイバ35を伝って外部へと送信される。LD34の後方光42は、光ガイド溝32によって反射され開口部59を通過して裏面入射型モニタPD36に入る。

【0077】実施例2と同様にIC40をサブマウントによって持ち上げているから、LD34の後方光42をより多くPDへと導く事ができる。IC40とLD34を結ぶ駆動電流経路が短縮され高速伝送に好適であるという利点は、実施例1、2と同様である。

【0078】【実施例4（裏面入射型PD；光ガイド溝；IC下に縦溝；図12、図13）】実施例2、3は空洞付きサブマウントによってICを持ち上げLD後方光の迂回路を部分的に短縮しPDに入射するモニタ光を増やすものである。実施例4はIC下面に縦溝を穿つことによって迂回光量を増加させようとするものである。

【0079】図12、13は実施例4を表している。Si基板31に開放溝33、光ガイド溝32を軸線上一定距離をおいて形成する。溝32、33の間の隆起部にLD34を固定する。光ファイバ35の先端を開放溝33に接着する。光ガイド溝32の終端部には裏面入射型PD36を接着する。そのような点は実施例1と同様である。異なるのはIC40の下面中央縦に下縦溝61が穿たれているということである。そのようなIC40を光ガイド溝32のすぐ上に固定する。LD34の後方光42は光ガイド溝32によって反射されてPDに至る。IC40の下方が挟られているから、より多くの後方光が光ガイド溝32に入る。ために実施例1よりも多くのモニタ電流を得る事ができる。

【0080】実施例4は初めからICの底に凹部61を設けている。これによってICによる光の遮蔽を低減する。実施例2、3と違いサブマウントがない。部品点数が増えない。部品を増やすことなくモニタ電流を増大することができる。

【0081】【実施例5（裏面入射型PD；光ガイド溝；透光性サブマウント；図14、図15）】実施例2、3は凹字型のサブマウントによってICを持ち上げ、実施例4はICを凹字型に加工することによって、LD後方光が遮蔽されるのを防いでいる。実施例5はそうではなくて、透光性のサブマウントによってICを持ち上げることによって、モニタ光を増加させようとする。

【0082】図14、図15において透光性サブマウント62が光ガイド溝32の上に固定される。透光性サブマウント62の上にLD駆動用IC40が載っている。

サブマウント62は透明であればよい。石英系ガラスや透明セラミック、透明プラスチック（PMMAなど）によって作製することができる。

【0083】LD34の後方光42の一部は透明サブマウント62を通して光ガイド溝32で反射されPD36へと到達する。透明サブマウント62によって持ち上げた分だけモニタ光を増大することができる。

【0084】【実施例6（裏面入射型PD；光ガイド溝；透光性サブマウントを延長；図16、図17）】図16、図17に示すものは同じく石英系ガラスや透明セラミックによって作製した透明なサブマウント63を用いたものである。実施例5のサブマウントはICだけを載せていたが、ここではより大きい透光性サブマウントを使う。IC40だけでなくPD36も同じ透明サブマウント63に載せる。これによって光の遮蔽を一層低減できる。

【0085】【端面入射型モニタPDの場合】これまでに述べたものは全て裏面入射型のモニタPDを用いるものであった。本発明は端面入射型のモニタPDにも適用することができる。本発明の適用例を説明する前に端面入射型PDというものを明らかにしておこう。仮想の従来例を説明する。これは図1～図4の仮想例と同様、本発明の以前に存在したというわけでない。非存在の仮想例である。本発明の特徴をよりわかりやすくきわだたせるために、端面入射型モニタPDをもしも使ってIC、PD、LDを一体化した従来例があればという仮想の例を述べよう。

【0086】図109、図110は端面入射型PDをモニタPDとする従来例構造を示す。端面入射型PDはLDと同じ様な導波路構造をとることによって、位置合わせさえ確実にできれば使用可能である。端面入射型PDをモニタPDに使用する場合にも本発明を適用することができる。

【0087】【仮想例3（端面入射型PD；図18、図19）】実際にはこのようなものはないが、端面入射型PDを用いてICを一体化した送信器は例えば図18、図19のようになろう。

【0088】Siベンチ1の上に縦方向に開放溝3だけが穿ってある。Siベンチ1の中央軸線上にLD4と、端面入射型モニタPD28をエピタウンで固定する。開放溝3には光ファイバ5の先端を差し込み固定する。LD4の後方光42は直接にPD28の受光部30に入る。端面入射型というのは受光部が導波路になっており光が表面と平行に伝搬できるようになっている。端面から光が入るので光ガイド溝のようなものは不要である。LDからの後方光が直接にPD端面に入る。

【0089】リードフレーム9の上にSiベンチ1を載せる。リードフレーム9の後方にLD駆動用のSi-IC10を載せる。IC10の電極16、17、18はワイヤ25～27によってリードフレームのリードに接続

される。IC10の電極13はワイヤ22によってSiベンチ1上の配線パターン20に接続される。電極15はワイヤ24によって配線パターン19につながる。LD4の電極12はワイヤ21によって配線パターン19に接続する。LD4の下の電極は配線パターン20に接着される。IC10からLDに駆動電流を流す経路は、ワイヤ24、配線パターン19、配線パターン20、ワイヤ22よりなる。かなり長い経路である。ワイヤやメタライズの誘導Lが大きくて高伝送速度には不向きである。

【0090】〔仮想例4（端面入射型PD；基板を延長；図20、図21）〕実際にはこのようなものもないのであるが、端面入射型PDを用いてICを一体化した別の送信器は例えば図20、図21のようにもなろう。これは広いSiベンチ29を使っている。Siベンチ29の上に、LD4、端面入射型モニタPD28、IC10を軸線上に並べている。仮想例3と違うのはICもSi基板に搭載したということである。ICをSi基板に持ち上げているから、仮想例3よりも、IC10、PD28間のワイヤ23の高低差が減っている。

【0091】仮想例3と同様に、IC10からLDに駆動電流を流す経路は、ワイヤ24、配線パターン19、配線パターン20、ワイヤ22よりなる。かなり長い経路である。ワイヤやメタライズの誘導Lが大きくて高伝送速度には不向きである。以下の実施例は端面入射型のPDをモニタPDに利用したものである。

【0092】〔実施例7（端面入射型PD；空洞付きサブマウント；図22、図23）〕長手方向に伸びたSi基板（Siベンチ）31の一端に開放溝33を穿つ。光ガイド溝は不要である。開放溝33には光ファイバ35を固定する。光ファイバ35に続いてLD34をエピタウんでSi基板31に取り付ける。LD34のすぐ後ろには空洞付きサブマウント64を配置する。サブマウント64の下面中央軸線にそって縦空洞65が穿たれる。サブマウント64の上にLD駆動用のIC40が搭載される。サブマウントのさらに後ろには端面入射型モニタPD68が実装される。PD68はエピタウんで取り付けられる。つまり導波路に設けた水平の受光部70がSi基板31に接近するように固定する。

【0093】光ファイバ35のコア、LD34の発光部41、サブマウント64の縦空洞65、PDの受光部70が一直線上に並ぶ。LD34の後方光42はサブマウントの空洞65を通過して真っ直ぐに端面入射型モニタPD68に入る。これがモニタ電流に変換される。

【0094】モニタ光の光路はこの場合真っ直ぐであるから、これを「迂回」と表現するには少し躊躇するところである。これまでの実施例のように光ガイド溝によって反射させるのでない。空洞付きサブマウントによってICを持ち上げておいて光が空洞を通過するようにしているのである。しかしサブマウントによってICを持ち

上げて光が通るようにしているからICを迂回したと言える。広義に「迂回」と表現できる。

【0095】IC40の電極46、47がLD34の制御端子である。LD34の電極44と、IC40の電極46がワイヤ51によって接続される。LD34の下の電極は配線パターン43にダイボンドされ電氣的に接続される。メタライズ配線パターン43は、電極47とワイヤ52で結合される。IC40からLD34に与えられる電流の経路は、ワイヤ51、配線パターン43、ワイヤ52である。ICとLDが近接しているからこれは極めて短いものである。だから付随するL成分は充分に小さい。

【0096】〔実施例8（端面入射型PD；IC下に縦溝；図24、図25）〕空洞付きサブマウントを用いる実施例7はサブマウントが余分に必要になる。サブマウントを省くこともできる。そのためには駆動用ICとして、底面の中心線上の一部をえぐった形状の素子を用いる。図24、図25において、送信光発生用LD34、駆動用IC40、モニタ用PD68がSi基板31の中心線上にこの順で並んでいる。IC40の下面中心がえぐられた縦空洞67となっている。LD34の後方光（モニタ光）42は空洞67を通過してPD68の受光部70にいたる。これも迂回という語感にはそぐわないが、ICから見れば迂回と表現できよう。この実施例においてはサブマウントがないから部品コストをより低減できる。

【0097】〔実施例9（端面入射型PD；光導波路サブマウント；図26、図27）〕端面入射型モニタPDを用いる場合サブマウントとして光導波路を有するものを用いることもできる。図26、図27にそのような実施例を示す。図26において、Siベンチ31の上に、LD34、導波路付きサブマウント71、端面入射型モニタPD68を取り付ける。サブマウント71はSi基板の上にSiO₂系の光導波路72を設けたものである。

【0098】導波路72にLD34の後方光（モニタ光）42を導きモニタPDまで導波する。単純に透明であるサブマウントを使う場合より、導波路付きサブマウントを利用すると、モニタ光42が導波路によって収束させられ光の漏れが少ない。端面入射型PD68に効率よく結合される。

【0099】導波路付きサブマウントはSi結晶から作るの、サブマウント分とSiベンチを初めから一体化することもできる。つまりSiベンチの中心線上に光導波路を作製して、サブマウント相当分だけ中央部を残して始端部と終端部をエッチングによって除去する。そうすると光導波路付きサブマウントを一体化したSiベンチを得る事ができる。そのようなSiベンチに、光ファイバ35、LD34、IC40、PD68を順に実装することによって送信器を作ることができる。

【0100】この場合もモニタ光42が光導波路を直進するので迂回というのはおかしい。が、ICから見れば迂回と言える。これまでの例と同じように、ワイヤ51、52、配線パターン43によって駆動電流（送信信号電流）がLD34に与えられ信号遅れ、信号歪を最小にすることができる。高速伝送を実現できる。

【0101】〔実施例10（裏面入射型PD持ち上げ；光導波路サブマウント；図28、図29）〕光導波路を有するサブマウントによってICを持ち上げるという機構は、端面入射型PDに限定されるものではない。裏面入射型モニタPDにも適用することができる。図28、図29によって説明しよう。

【0102】Si基板31に開放溝33を加工し、中央部に光導波路付きサブマウント71を取り付ける。Si基板31の後端部には傾斜面付きサブマウント74を固定する。開放溝33には光ファイバ35を取り付ける。サブマウント71の上にIC40を張り付ける。傾斜面付きサブマウント74の上には裏面入射型PD36を取り付ける。LD34、サブマウント71、74、PD36は透光性の樹脂で覆う。

【0103】LD34の後方光42はサブマウント71の光導波路72を通してサブマウント74の傾斜面73によって反射されPD36にいたる。この実施例においても光導波路付きサブマウント71を別体のものとするのではなくて、Siベンチに一体に形成することができる。また後方の傾斜面付きサブマウント74もSiベンチに一体に作ることもできる。

【0104】〔実施例11（端面入射型PD；光ファイバ；図30、図31）〕後方光を収束させて効率よく端面入射型PDに導くため導波路の代わりに光ファイバを用いることもできる。そのような実施例を図30、図31によって説明する。

【0105】矩形状のSiベンチ31に開放溝33、V溝75を距離を置いて中心線上に形成する。開放溝33には外部に連絡する光ファイバの一端35を固定する。V溝75には同じ長さの光ファイバ76を埋め込んで固定する。そのようなSi基板31に順にLD34、IC40、端面入射型PD68を固定する。光ファイバ35のコア、LD34の発光部41、光ファイバ76のコア、PD68の受光部70が直線上に並ぶ。これらの素子を透光性樹脂によって覆う。光ファイバ76が、導波路と同様の機能をはたしLD後方光を効率よくPDに導光する。IC40はサブマウント（図には現れない）によって光ファイバより少し高い位置に実装する。あるいは底面をえぐった形状のICを使用する。

【0106】〔実施例12（裏面入射型PD持ち上げ；光ファイバ；図32、図33）〕光ファイバによって導光する機構を裏面入射型PDにも適用することができる。図32、図33にこれを示す。Siベンチ31に開放溝33、V溝75を形成する。Siベンチ31の後端

部には傾斜面付きサブマウント74を取り付ける。前方の開放溝33には外部につながる光ファイバ35を挿入固定する。V溝75には光ファイバ76を挿入する。Si基板の上には光ファイバ35に近い方から、LD34、IC40を取り付ける。サブマウント74の上に裏面入射型PD36を固定する。

【0107】LD34のモニタ光42は光ファイバ76を通り傾斜面73で反射されPD36の裏面に入射し、受光部37に至って光電流を発生する。この実施例も光ファイバによって集光するからLDモニタ光42の大部分をPD36に導光することができる。

【0108】

【発明の効果】本発明は、これまで類例のない、LD、IC、PDという順に並ぶ素子からなる発光装置（光送信器）を提供する。LDとICは直近位置にありワイヤや配線長が短くなる。配線の誘導Lが減少する。ために信号遅れや信号歪などが発生しにくい。

【0109】本発明によれば、低コスト、小型化の表面実装技術を生かしたまま、数Gbps以上（5Gbps～10Gbps）の高速伝送が可能な、非常に価値の高い発光装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】Si基板（Siベンチ）にLD、モニタPDを搭載し、Si基板をのせたリードフレームに駆動用ICをのせて、LD、PD、ICをこの順に並べ一体化し、LD後方光が裏面入射型PDに直接に入射するようにした発光装置の仮想例1の縦断面図。

【図2】Si基板（Siベンチ）にLD、モニタPDを搭載し、Si基板をのせたリードフレームに駆動用ICをのせて、LD、PD、ICをこの順に並べ一体化し、LD後方光が裏面入射型PDに直接に入射するようにした発光装置の仮想例1の平面図。

【図3】Si基板（Siベンチ）にLD、モニタPD、駆動用ICをのせて、LD、PD、ICをこの順に並べ一体化し、LD後方光が裏面入射型PDに直接に入射するようにした発光装置の仮想例2の縦断面図。

【図4】Si基板にLD、モニタPD、駆動用ICをのせて、LD、PD、ICをこの順に並べ一体化し、LD後方光が裏面入射型PDに直接に入射するようにした発光装置の仮想例2の平面図。

【図5】光ガイド溝を穿ったSiベンチにLD、駆動用IC、モニタPDをこの順に並べ、ICが光ガイド溝の直上に、裏面入射型PDが光ガイド溝の終端に位置するよう搭載した本発明の実施例1にかかる発光装置の縦断面図。

【図6】光ガイド溝を穿ったSiベンチにLD、駆動用IC、モニタPDをこの順に並べ、ICが光ガイド溝の直上に、裏面入射型PDが光ガイド溝の終端に位置するよう搭載した本発明の実施例1にかかる発光装置の平面図。

【図 7】光ガイド溝を穿った Si ベンチに LD、駆動用 IC、モニタ PD をこの順に並べ、IC が光ガイド溝の直上に、裏面入射型 PD が光ガイド溝の終端に位置し、IC、PD が軸線に対して傾いているように搭載した本発明の実施例 1 の改良にかかる発光装置の平面図。

【図 8】光ガイド溝を穿った Si ベンチに LD、駆動用 IC、モニタ PD をこの順に並べ、IC が光ガイド溝の直上に固定した縦空洞付きのサブマウントの上に位置し、裏面入射型 PD が光ガイド溝の終端に位置するよう搭載した本発明の実施例 2 にかかる発光装置の縦断面図。

【図 9】光ガイド溝を穿った Si ベンチに LD、駆動用 IC、モニタ PD をこの順に並べ、IC が光ガイド溝の直上に固定した縦空洞付きのサブマウントの上に位置し、裏面入射型 PD が光ガイド溝の終端に位置するよう搭載した本発明の実施例 2 にかかる発光装置の平面図。

【図 10】光ガイド溝を穿った Si ベンチに LD、駆動用 IC、モニタ PD をこの順に並べ、IC が光ガイド溝の直上に固定した縦空洞付きのサブマウントの上に位置し、裏面入射型 PD が同じサブマウント上で光ガイド溝の終端に位置するよう搭載した本発明の実施例 3 にかかる発光装置の縦断面図。

【図 11】光ガイド溝を穿った Si ベンチに LD、駆動用 IC、モニタ PD をこの順に並べ、IC が光ガイド溝の直上に固定した縦空洞付きのサブマウントの上に位置し、裏面入射型 PD が同じサブマウント上で光ガイド溝の終端に位置するよう搭載した本発明の実施例 3 にかかる発光装置の平面図。

【図 12】光ガイド溝を穿った Si ベンチに LD、駆動用 IC、モニタ PD をこの順に並べ、下面に縦方向に溝が穿たれた IC が光ガイド溝の直上に固定され、裏面入射型 PD が光ガイド溝の終端に位置するよう搭載した本発明の実施例 4 にかかる発光装置の縦断面図。

【図 13】光ガイド溝を穿った Si ベンチに LD、駆動用 IC、モニタ PD をこの順に並べ、下面に縦方向に溝が穿たれた IC が光ガイド溝の直上に固定され、裏面入射型 PD が光ガイド溝の終端に位置するよう搭載した本発明の実施例 4 にかかる発光装置の平面図。

【図 14】光ガイド溝を穿った Si ベンチに LD、駆動用 IC、モニタ PD をこの順に並べ、IC が透明のサブマウントの上に固定され、裏面入射型 PD が光ガイド溝の終端に位置するよう搭載した本発明の実施例 5 にかかる発光装置の縦断面図。

【図 15】光ガイド溝を穿った Si ベンチに LD、駆動用 IC、モニタ PD をこの順に並べ、IC が透明のサブマウントの上に固定され、裏面入射型 PD が光ガイド溝の終端に位置するよう搭載した本発明の実施例 5 にかかる発光装置の平面図。

【図 16】光ガイド溝を穿った Si ベンチに LD、駆動用 IC、モニタ PD をこの順に並べ、IC が透明のサブマウントの上に固定され、裏面入射型 PD が同じ透明サ

ブマウント上で光ガイド溝の終端に位置するよう搭載した本発明の実施例 6 にかかる発光装置の縦断面図。

【図 17】光ガイド溝を穿った Si ベンチに LD、駆動用 IC、モニタ PD をこの順に並べ、IC が透明のサブマウントの上に固定され、裏面入射型 PD が同じ透明サブマウント上で光ガイド溝の終端に位置するよう搭載した本発明の実施例 6 にかかる発光装置の平面図。

【図 18】LD と端面入射型 PD を固定した Si ベンチを、リードフレームに取り付け Si ベンチの後方に駆動用 IC を実装し、LD、PD、IC の順に素子を並べた仮想例 3 にかかる発光装置の縦断面図。

【図 19】LD と端面入射型 PD を固定した Si ベンチを、リードフレームに取り付け Si ベンチの後方に駆動用 IC を実装し、LD、PD、IC の順に素子を並べた仮想例 3 にかかる発光装置の平面図。

【図 20】Si ベンチの上に、LD と端面入射型 PD と駆動用 IC をこの順に実装した仮想例 4 にかかる発光装置の縦断面図。

【図 21】Si ベンチの上に、LD と端面入射型 PD と駆動用 IC をこの順に実装した仮想例 4 にかかる発光装置の平面図。

【図 22】LD と駆動用 IC と端面入射型 PD とを Si ベンチの上にこの順に並べ、IC を縦に空洞を有するサブマウントによって持ち上げるようにした本発明の実施例 7 にかかる発光装置の縦断面図。

【図 23】LD と駆動用 IC と端面入射型 PD とを Si ベンチの上にこの順に並べ、IC を縦に空洞を有するサブマウントによって持ち上げるようにした本発明の実施例 7 にかかる発光装置の平面図。

【図 24】LD と駆動用 IC と端面入射型 PD とを Si ベンチの上にこの順に並べ、IC の下面には縦に空洞を設け、IC の底面の一部を Si ベンチ表面より持ち上げるようにした本発明の実施例 8 にかかる発光装置の縦断面図。

【図 25】LD と駆動用 IC と端面入射型 PD とを Si ベンチの上にこの順に並べ、IC の下面には縦に空洞を設け、IC の底面の一部を Si ベンチ表面より持ち上げるようにした本発明の実施例 8 にかかる発光装置の平面図。

【図 26】LD と駆動用 IC と端面入射型 PD とを Si ベンチの上にこの順に並べ、IC を導波路を有するサブマウントによって持ち上げるようにした本発明の実施例 9 にかかる発光装置の縦断面図。

【図 27】LD と駆動用 IC と端面入射型 PD とを Si ベンチの上にこの順に並べ、IC を導波路を有するサブマウントによって持ち上げるようにした本発明の実施例 9 にかかる発光装置の平面図。

【図 28】LD と駆動用 IC と裏面入射型 PD とを Si ベンチの上にこの順に並べ、IC を導波路を有するサブマウントによって持ち上げ、PD は傾斜面付きサブマウ

ントで持ち上げるようにした本発明の実施例10にかかる発光装置の縦断面図。

【図29】LDと駆動用ICと裏面入射型PDとをSiベンチの上にこの順に並べ、ICを導波路を有するサブマウントによって持ち上げ、PDは傾斜面付きサブマウントで持ち上げるようにした本発明の実施例10にかかる発光装置の平面図。

【図30】LDと駆動用ICと端面入射型PDとをSiベンチの上にこの順に並べ、ICの下に光ファイバを設け、LDとPDを光ファイバによって結合した本発明の実施例11にかかる発光装置の縦断面図。

【図31】LDと駆動用ICと端面入射型PDとをSiベンチの上にこの順に並べ、ICの下に光ファイバを設け、LDとPDを光ファイバによって結合した本発明の実施例11にかかる発光装置の平面図。

【図32】LDと駆動用ICと裏面入射型PDとをSiベンチの上にこの順に並べ、ICの下に光ファイバを設け、傾斜面付きサブマウントの上にPDを設け、LDとPDを光ファイバによって結合した本発明の実施例12にかかる発光装置の縦断面図。

【図33】LDと駆動用ICと裏面入射型PDとをSiベンチの上にこの順に並べ、ICの下に光ファイバを設け、傾斜面付きサブマウントの上にPDを設け、LDとPDを光ファイバによって結合した本発明の実施例12にかかる発光装置の平面図。

【図34】金属パッケージに収容され三次元的な構造を持つLDモジュールを駆動回路基板に取り付けられた駆動素子に接続させた従来例を示す断面図。

【図35】従来技術として挙げたY. Akahori, T. Ohyama, M. Yanagisawa, Y. Yamada, H. Tsunetsugu, Y. Akatsu, M. Togashi, S. Mino and Y. Shibata, "A HYBRID HIGH-SP EEDSILICA-BASED PLANAR LIGHTWAVE CIRCUIT PLATFORM INTEGRATING A LASER DIODE AND A DRIVER IC", ECOC 97, 22-25 September 1997, Conference Publication No. 448, IEE, 1997, p359-362のFigure 1の断面図。

【符号の説明】

- 1 Si基板
- 2 V溝
- 3 開放溝
- 4 LD
- 5 光ファイバ
- 6 モニタPD
- 7 受光部
- 8 p電極
- 9 リードフレーム
- 10 駆動素子
- 11 発光部
- 12 電極
- 13～18 電極パッド
- 19 配線パターン

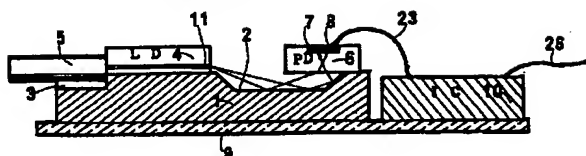
- 20 配線パターン
- 21～27 ワイヤ
- 28 モニタPD
- 29 Si基板
- 30 受光部
- 31 Siベンチ
- 32 光ガイド溝
- 33 開放溝
- 34 LD
- 35 光ファイバ
- 36 モニタPD
- 37 受光部
- 38 p電極
- 40 駆動素子
- 41 発光部
- 42 後方光（モニタ光）
- 43 配線パターン
- 44 電極
- 45～50 電極パッド
- 51～54 ワイヤ
- 55 空洞付きサブマウント
- 56 空洞
- 57 空洞付きサブマウント
- 58 前空洞
- 59 開口部
- 60 後空洞
- 61 下縦溝
- 62 透光性サブマウント
- 63 透光性サブマウント
- 64 空洞付きサブマウント
- 65 縦空洞
- 67 縦空洞
- 68 端面入射型モニタPD
- 69 電極
- 70 受光部
- 71 導波路付きサブマウント
- 72 導波路
- 73 傾斜面
- 74 傾斜面付きサブマウント
- 75 V溝
- 76 光ファイバ
- 80 ステム
- 81 レンズホルダー
- 82 フェルルールホルダー
- 83 キャップ
- 84 ボール
- 85 LD
- 86 PD
- 87 レンズ
- 88 光ファイバ

89 フェルール
90 リードピン
91 駆動素子
92 基板

93 ワイヤ
95 Siベンチ
96 LDアレイ
97 ドライバIC

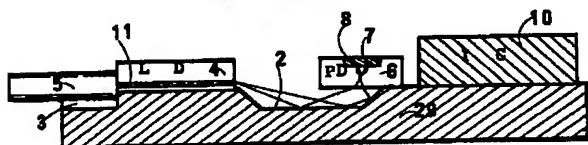
【図1】

仮想例 1



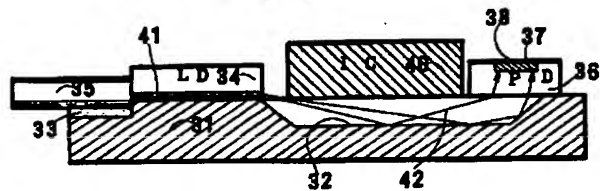
【図3】

仮想例 2



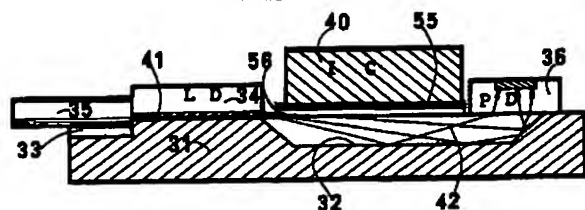
【図5】

実施例 1



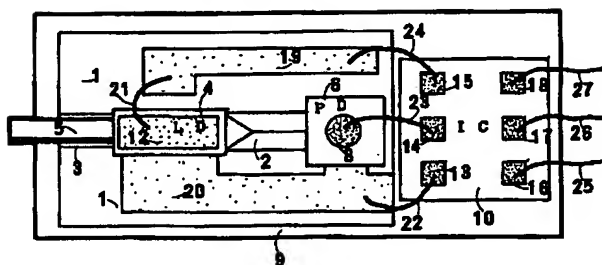
【図8】

実施例 2



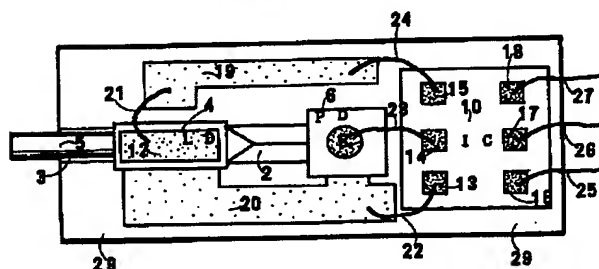
【図2】

仮想例 1



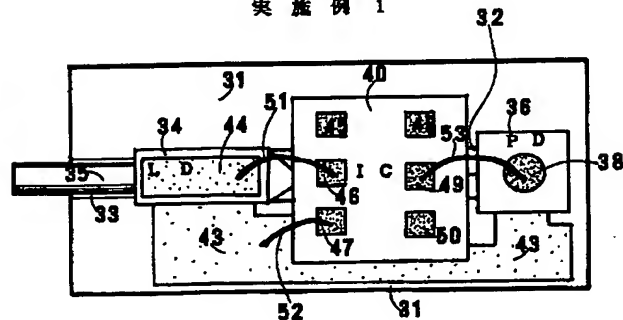
【図4】

仮想例 2



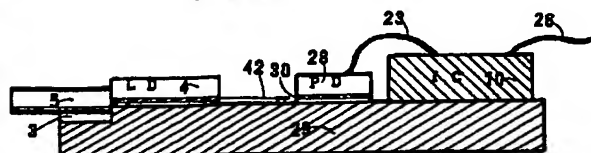
【図6】

実施例 1



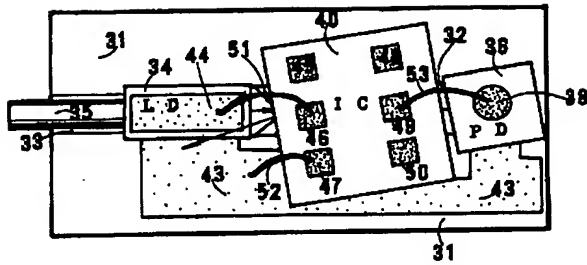
【図20】

仮想例 4



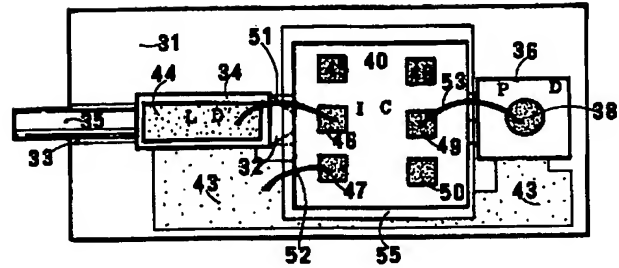
【図 7】

実施例 1 の改良



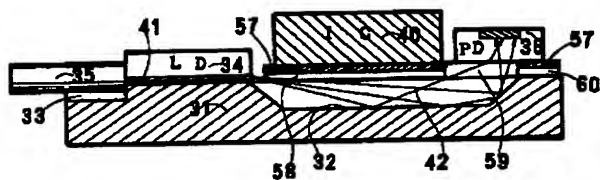
【図 9】

実施例 2



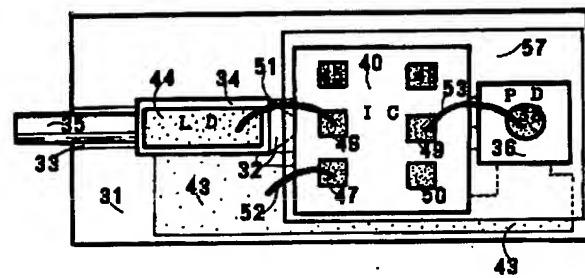
【図 10】

実施例 3



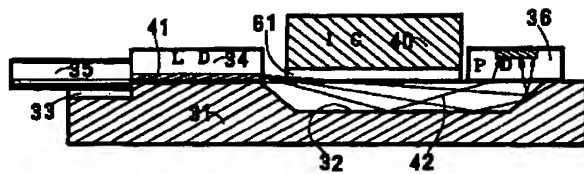
【図 11】

実施例 3



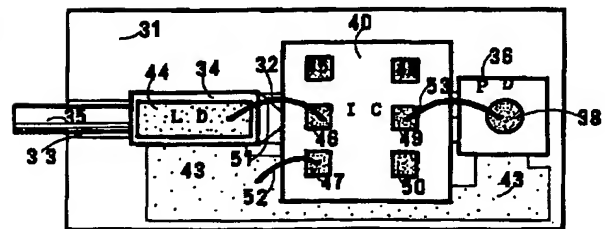
【図 12】

実施例 4



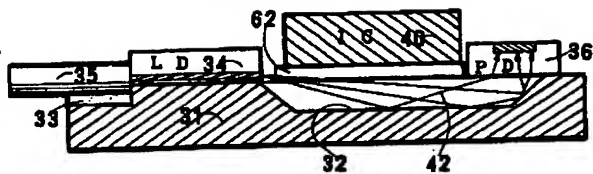
【図 13】

実施例 4



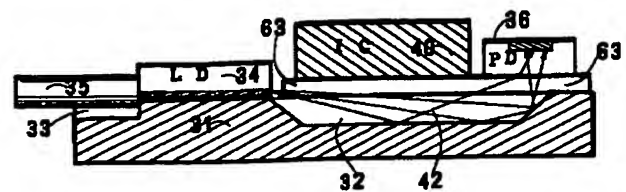
【図 14】

実施例 5



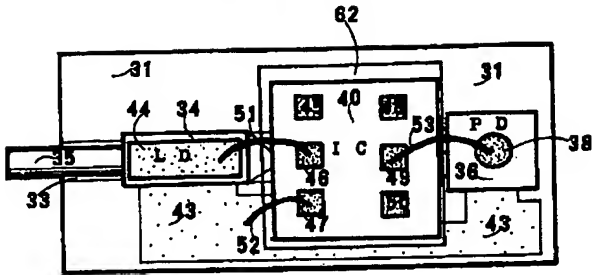
【図 16】

実施例 6



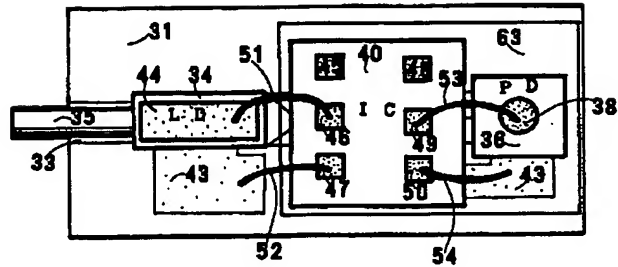
【図15】

実施例 5



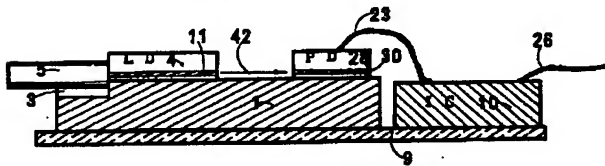
【図17】

実施例 6



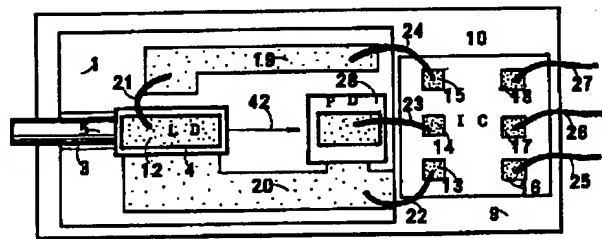
【図18】

仮想例 3



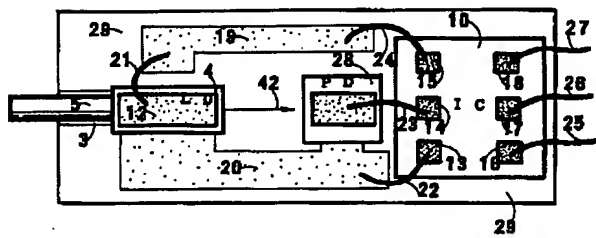
【図19】

仮想例 3



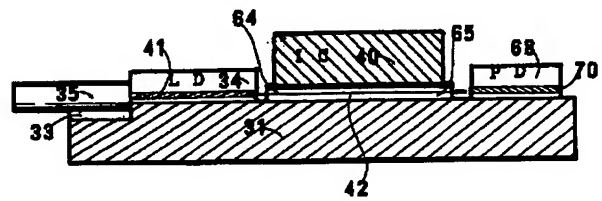
【図21】

仮想例 4



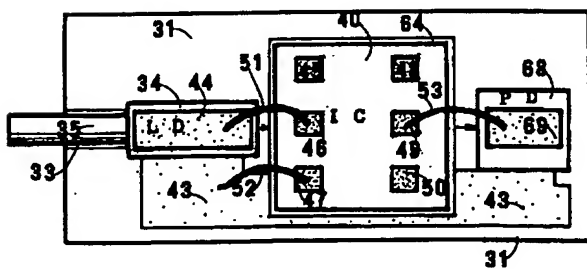
【図22】

実施例 7



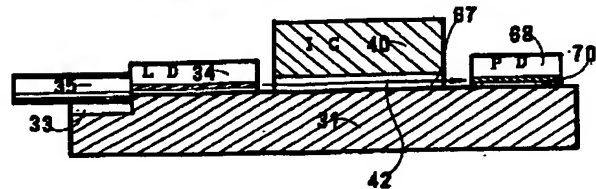
【図23】

実施例 7



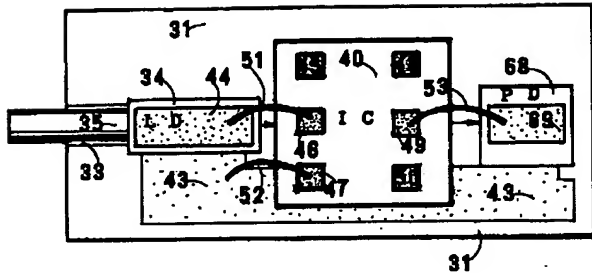
【図24】

実施例 8



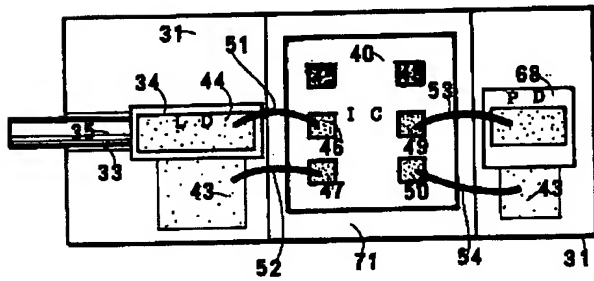
【図25】

実施例 8



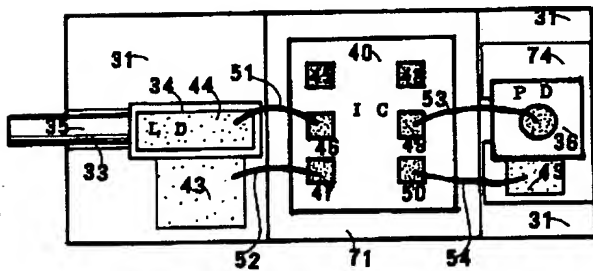
【図27】

実施例 9



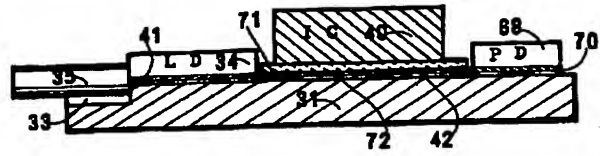
【図29】

実施例 10



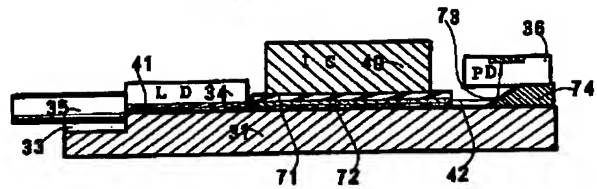
【図26】

実施例 9



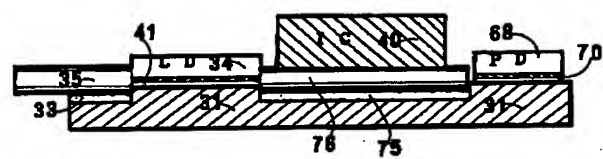
【図28】

実施例 10



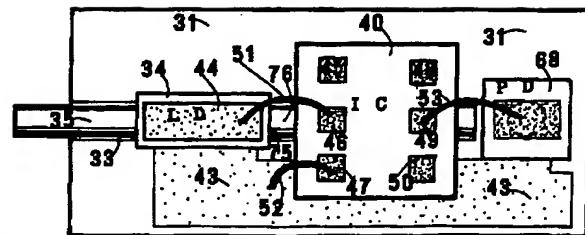
【図30】

実施例 11



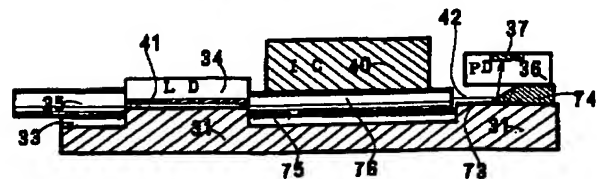
【図31】

実施例 11



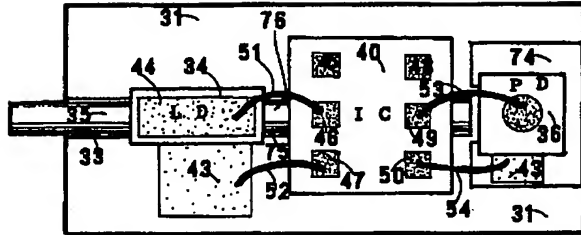
【図32】

実施例 12



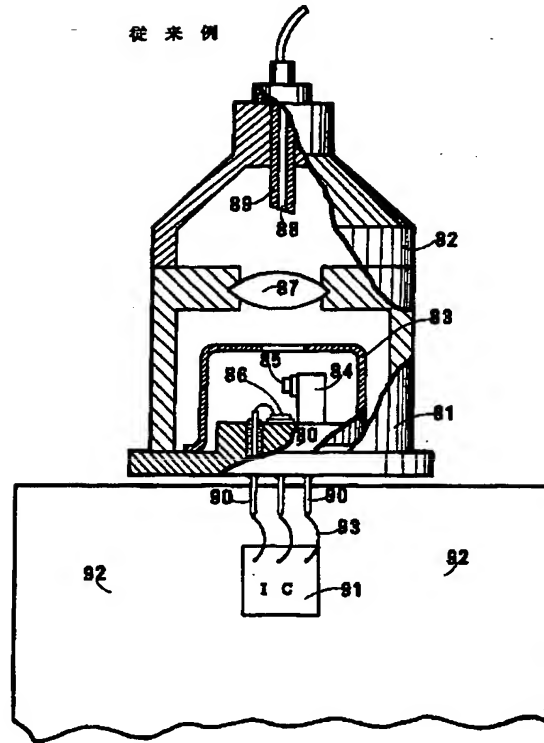
【図 33】

実施例 12

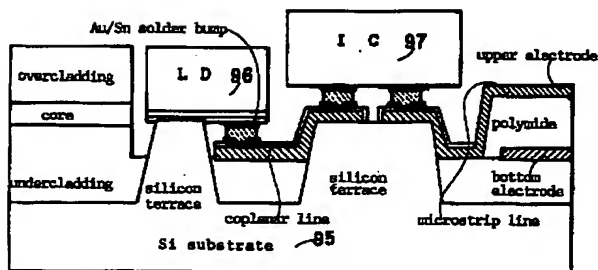


【図 34】

従来例



【図 35】



フロントページの続き

Fターム(参考) 2H037 AA01 BA02 BA11 BA13 BA21
 CA36 CA39 DA03 DA04 DA06
 2H047 KA04 KB09 MA05 MA07 QA07
 TA01 TA13
 5F073 AA64 AB15 AB21 AB25 AB28
 CA04 CA12 EA14 FA02 FA06
 FA13 FA15 FA16 FA27
 5F089 AA01 AB01 AB08 AB09 AC02
 AC13 AC16 AC20 CA20